

私たちは、固体中の電子が強く相互作用している「強相関電子系」を舞台とした多様な物性現象を研究しています。物質を室温よりはるかに低い温度まで冷却すると、試料全体が量子統計力学的効果に支配され、超伝導に代表されるような日常感覚からは想像もつかない現象が起こります。このような現象の発見や理解を目指して私たちは日々実験に励んでいます。



前野教授



石田教授



米澤助教

Topics

トポロジカル量子現象

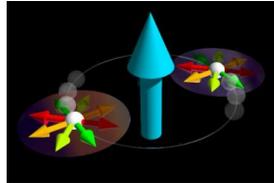
時間反転対称性や空間反転対称性の破れた超伝導体では**対称性の破れに起因する新奇現象**が期待されます。一方、絶縁体や超流動体は一見超伝導体とは全く性質が異なるように思われますが、波動関数の対称性や位相という観点で見ると共通性を持っています。そこで、これら量子凝縮系を対称性で分類し、対称性の破れに起因する新奇現象を「トポロジカル量子現象」として普遍的に理解することが重要と考えられます。

時間反転対称性の破れた超伝導体Sr₂RuO₄を中心とする研究

超伝導状態を担うクーパー対には全スピンの0の対(一重項対)と1の対(三重項対)の2通りがあります。しかし、ほとんどの超伝導体はスピン一重項であり、Sr₂RuO₄は数少ない**スピン三重項超伝導**の研究舞台として注目を集めています。さらに、SrをCaで置換したモット絶縁体Ca₂RuO₄も静水圧力下では超伝導を示し、両物質の超伝導性の関係にも興味を持たれます。当研究室ではSr₂RuO₄超伝導素子や一軸性圧力下Ca₂RuO₄の物性研究を通し、時間反転対称性の破れた超伝導体に特有の新奇現象の発見と理解を目指しています。

スピン三重項超伝導の模式図

白い球が電子、横向きの矢印がスピンを表しています。それぞれの電子スピンは同じ方向を向いています。

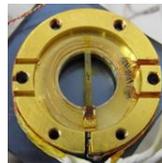


空間反転対称性の破れた超伝導体CaIrSi₃を中心とする研究

新物質探索は転移温度の高い超伝導体や工学的に有用な磁性材料を見つける面だけでなく、新しい物理を発見する面でも重要です。当研究室では数十種類の元素材料といくつかの合成法を駆使し、Sr₂RuO₄やAg₅Pb₂O₆をはじめいくつかの超伝導体を発見してきました。近年では**空間反転対称性の破れた結晶構造**を持つ超伝導体CaIrSi₃の単結晶育成に世界で初めて成功しました。

新装置開発

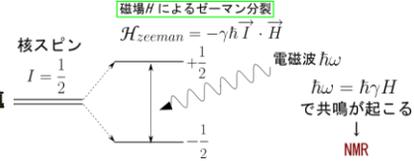
世界初のデータを得るには既存・市販の装置に頼るだけでは限界があるため、より精密かつ高感度な測定を実現すべく装置開発にも日々取り組んでいます。



高感度の比熱測定装置

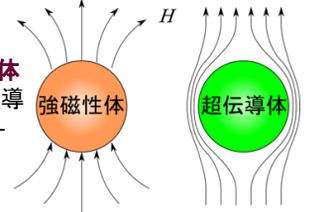
磁性と超伝導

我々は**核磁気共鳴法(NMR)**を用いて微視的な立場から磁性と超伝導の関係を調べています。



ウラン系強磁性体における超伝導の研究

マイスナー効果を持つ超伝導は、強磁性体(磁石)とは相容れないものだと考えられていました。しかし近年、強磁性体でありながら超伝導になる物質が発見され、興味を集めています。当研究室では**強磁性超伝導体**UCoGeの研究を進め、強磁性体がまさに**強磁性体であるが故に超伝導**にもなるという新しい超伝導発現機構を世界で初めて検証しました。また、この特異な超伝導発現には1軸異方性(イジング性)の強い強磁性が重要であると考えられています。磁場をかけることでイジング性の強い強磁性を誘起できるメタ磁性体UCoAlに注目し、NMRを用いて磁気的性質を研究しています。



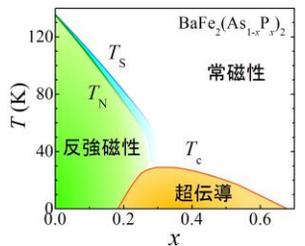
外部磁場中の強磁性体と超伝導体
強磁性体は磁場を取り込み、超伝導体は外へ追い出します(マイスナー効果)。

鉄系超伝導体の研究

超伝導は磁性元素に弱いと考えられていましたが、近年、強磁性元素としてなじみ深い鉄を含む物質が高い超伝導転移温度を示すという、常識を覆す発見がなされました。これら**鉄系超伝導体**はもともと**反強磁性体**ですが、元素を置換をしたり、圧力を加えることで高温超伝導を示すようになります。最近ではBaFe₂(As_{1-x}P_x)₂やLaFeAs(O_{1-x}F_x)における磁性と超伝導の関係、またLa(Fe_{1-x}Zn_x)AsO_{0.85}の超伝導性について世界に先んじて成果を報告しています。

鉄系超伝導体の相図

相容れないはずの磁性相と超伝導相が隣接しており、両者の密接な関係が示唆されます。



Education

固体量子物性ゼミナールでは、教科書の輪講を行います。詳しく述べられていない式変形を解説したり、式の内容を噛み砕いて説明したり、簡単にしか触られていない内容を論文等を読んで掘り下げるなど、自分なりに教科書の内容を発展させて説明することが求められます。

コロキウムでは、興味ある題材について担当者が発表します。発表も議論も基本的には全て英語で行います。最新の研究状況が取り上げられることが多いため、研究会さながらの激しい議論を交わすことも少なくありません。国際学会で発表したりするようになると、コロキウムで苦労しておいてよかったと感じることも多くあります。

